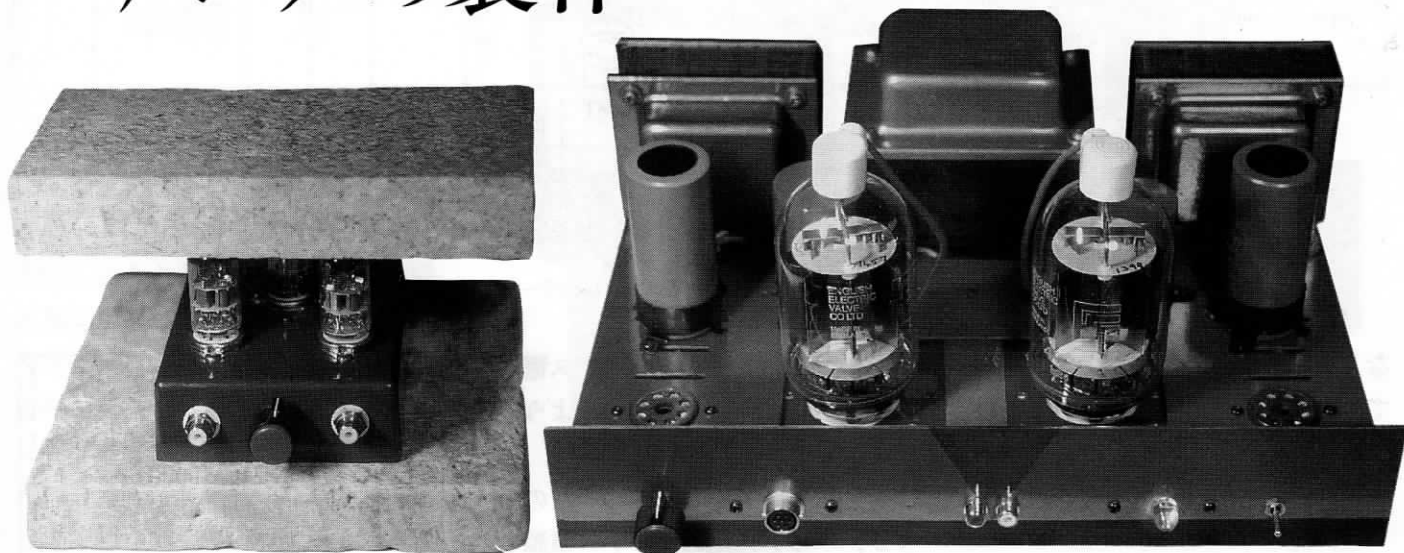
●新方式２極管⅔乗補正でひずみは 1/10 に

鏡像ドライブ 4D32 シングル・アンプの製作

藤井 秀夫

石の土台に腰をおろして，管球アンプと２カ月間格闘してきました．私の熱の入れかたからしても，応えてくれる音の美麗さからしても，真空管との２度目の蜜月生活といえなくもなかった時間でした．PP アンプを製作する間に，シングル・アンプについてある構想が湧きつつありました．満を持して，いよいよ構想の実現に向います．

アマチュアの読者にとって，鮮明さを向上させたシングル・アンプは待望のものでありましょう．作りやすいし，滅多にメーカーが作らないので，アマチュアとしての特権――効率を無視して遊びながら最高のものを得る――を存分に味わえる領分です．製作の方針として，

○そこそこ出力が大きい

○球が入手しやすい

○電流出力アンプとする

を採って，プレート損失 40～50 W クラスのビーム管のシングル・アンプ（完全無帰還）とします．多極管はNFB を掛けないとドンシャリ音がするという，粗悪 OPT 時代につくられて，タンゴやタムラのあとでは迷信に変わった標語は，もはやつぶれたものと見なして，とやかくいいません（第１期熱病時代の私を顧みても思い当るように，この根強い多極管への――FET や Tr を含む――差別はまだ当分残りそうではあります）．

もちろん２カ月間の PP アンプで確立された作法である，

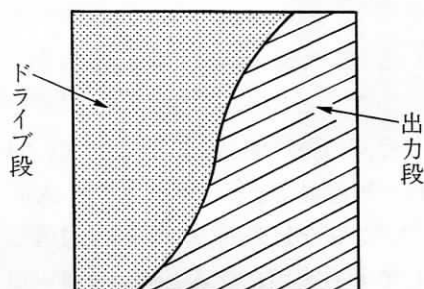
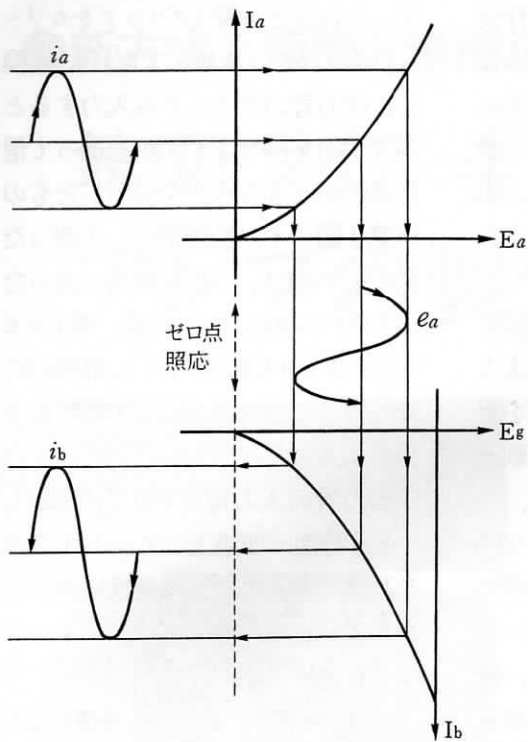
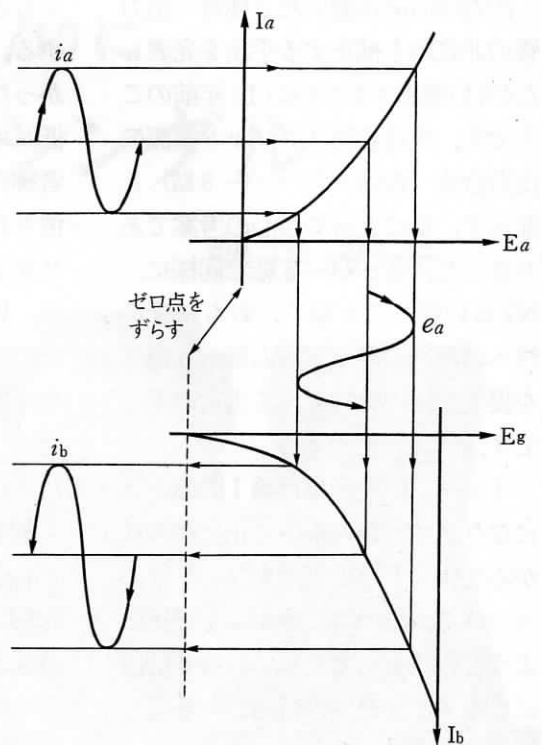
○前段を頑丈な別ケースに組んで石で固める

○音を濁さない手法でひずみ低減を画る

方針にのっとります．前者は音の鮮やかさを保つため，後者は表現力を深めるためです．ひずみの小ささを音楽の豊かな表情に結びつけることは，鮮明さを前提にして初めて成り立つことだ（さもなくば，かえって音がつまらなくなる）ということは，もう４度ほど繰返し，いっています．

出力管のひずみ低減は，大昔に発表した２極管負荷ドライブによる⅔乗補正で果たします．ただし，トランジスタや抵抗器をいっさい使わず，音質への混濁をなくした新方式によります．澄み切った水路を伝わるゆがみのない波動――それで得られる深く豊かな表現力は，音楽の神秘的ともいえる味わいをもたらしてくれると思います．おっと，何かコマーシャルのせりふのようになりました．でも音楽の神秘はほんとうに味っています．

〈第１図〉⅔乗補正のイメージ

1. ⅔乗で3/2乗を打消す２極管負荷ドライブの新方式――名づけて鏡像ドライブ

◀〈第3図〉
鏡像ドライブでの信号波形の変化

〈第4図〉▶
カットオフ近くで特性の曲がりが大きい高 g_m 管ではゼロ点をずらす

力を持つはずです．E_aのゼロ点とE_gのカットオフ点をそろえて，E_aをグリッドへ入力すれば，

$$I_b=K(J\cdot I_a{}^{2/3})^{3/2}$$
$$=K\cdot J^{3/2}\cdot I_a$$

です．まったくの1次関数，すなわち線形増幅となります．

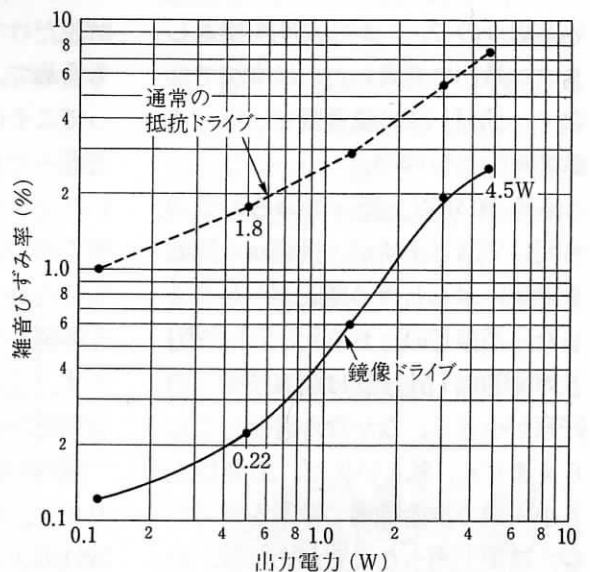
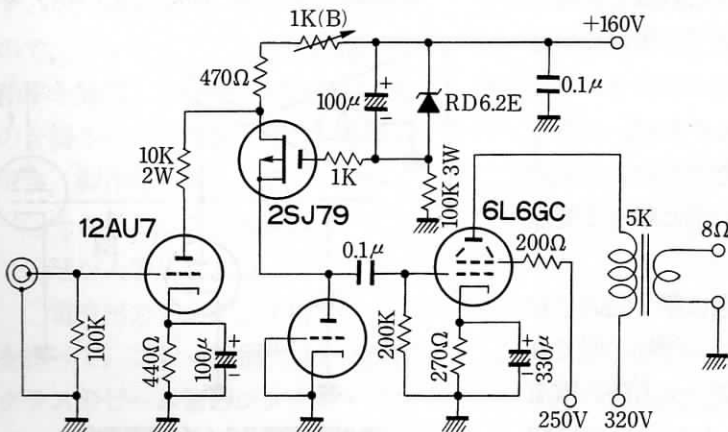
電流から電圧を採り出すという手続きは，エレクトロニクス作業の中でいちばんわかりやすいことで，電流通路に（インピーダンスとして）挿入するだけですむことです．というわけで，**第2図**のとおり，信号電流i_aの通路に2極管を挿入して⅔乗にわん曲した（下に凸）電圧I_aを得，これをグリッドへ入力すれば，ぴったり直線状のプレート電流i_bが出力されるという仕組みです．

なお，実際の真空管，とりわけg_mの高い近代的ビーム管のI_b-E_g特性はカットオフ近傍で大きくわん曲しており，3/2乗則からはずれています．この場合は**第4図**のように，2極管のゼロ点とカットオフ点をずらしてやると，信号の中心部でうまく補正できると推測されます．この場合は，カットオフ近傍が関ってくる大出力時に補正関数がずれて，ひずみが大きく発生してくることになります．

この2球ゼロ点の照応の加減は，出力管のバイアス調整で行うこともできるし，2極管（2極管接続した3極管）のグリッドへ直流バイアスを与えることによってもできます．

(2) 旧方式の鏡像ドライブ回路

原理図で前提とされている対アース方向の電流i_aを入力信号からどのようにつくるかが工夫のしどころ

▼〈第5図〉
12年前に作った鏡像ドライブ6L6G(S)アンプ

〈第6図〉第5図のアンプのひずみ率

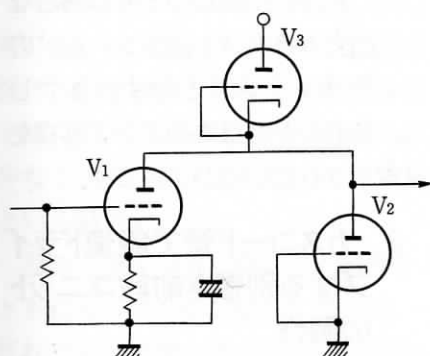
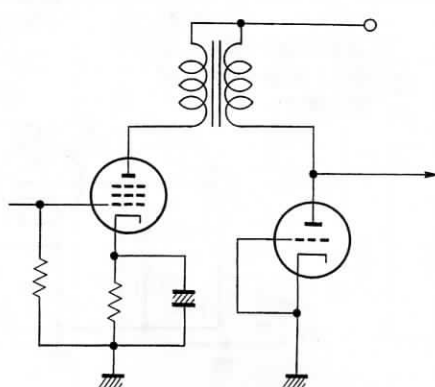
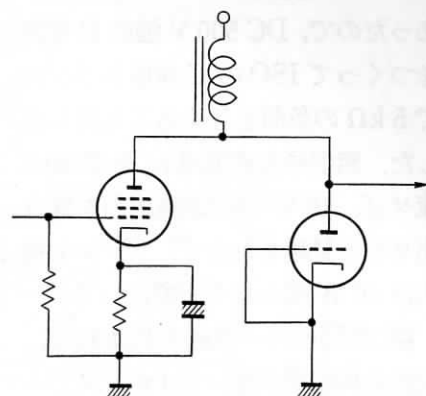
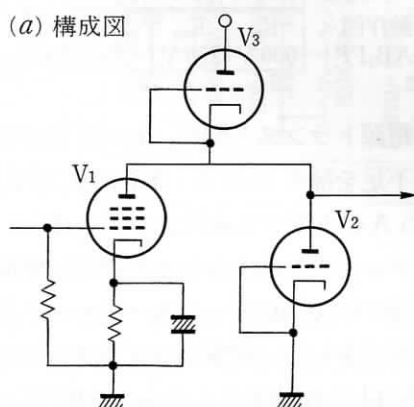
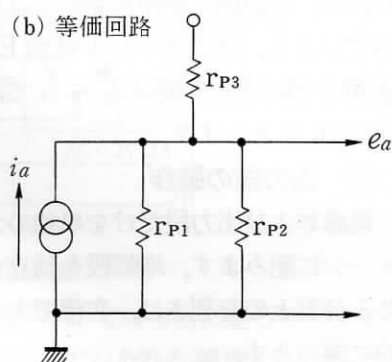
作記の一貫した基調になっていたとつくづく思います．

私にとっても当世“ラジオ少年”にとっても，対抗的に広がっている光景は，現代技術の形式と内容です．

ひとつは営利的大量生産という現代工業社会の性格がもたらす，技術の非人間的変質と画一化です．もうひとつは高度化技術が人間社会と自然とに破壊的に（問題意識の強い人の目には破滅的に）作用しつつあるという，いっそうせい惨な状況です．

根本的には，生産する者と販売する者と受益する者とが分離しているという社会構造が問題なわけです．もうひとつは，人間的排他性と結びつかない形での文化や技術の地方性や風土性，そして手工業性の尊重です（排他性も，自分側だけ尊重して他者の側を尊重しないことからもたらされるものですね）．でも少なくとも気構えとして，諸人・諸地方・諸（小）国の独自文化・気風を最大限に尊重することは，決して無力なことではないでしょう．

ここ1年間の間に作っている電流出力アンプは，いってみれば『ラジオ技術』を場にした（いまのところ少数者の）独自文化ですね．

このアンプが鮮明さを増すごとにひときわ輝いてくるのは，実は非西洋の各種各様の民族音楽です．レコード店の並びに対して，月を追うごとに不満がつのってきます（聴くのはLPなので，なおさらです）．

〈第8図〉トランスを使ったときの鏡像ドライブ回路．チョークでもよい

〈第9図〉トランスを真空管に置き換えた鏡像ドライブ回路

○　○　○

夏の日照りにうだる生活を送って送り火の気配も近づいて来ると，大きな送信用出力管を押し入れから持ち出すくせがついております．

でも，競争相手として単段FETアンプを意識しながら作る管球アンプでは，できるだけ作りやすくて一般性のあるアンプに仕上げ，そこから鮮明な音を引き出すよう心掛けたいとも思います．そこでKT-88や6550などと馬力も特性もさほど違わない送信ビーム管4D32を出力管に採用します．とりたてて風変わりでないやや大き目のシングル・アンプというところです．

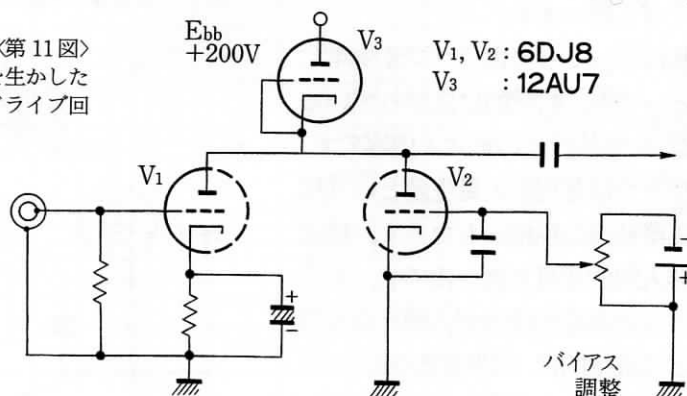
これで単段FETアンプの鮮度にどこまで迫れるか，あるいは追い越すか，管球ファンのかたはもちろん，半導体好みのかたもご期待ください．管球アンプが前進できるなら，半導体アンプも前進の余地があるという理屈です．

(1) 500V強のB電源に5kΩ負荷

4D32は，送信管の正規の命名法に従うなら3B32という型番となるプレート損失50Wのトップ・プレート傍熱ビーム管で，外観上も電力規格もKT88よりひと回り大きいくらいです．ただ電極の造りは，送信管だけあってぐんと頑丈です．**第1表**に規格とオーディオ増幅に適用できそうな動作例を掲げます．

電流容量もたっぷりあるので，低い電圧でも小さなインピーダンス負荷を与えて電力を採り出すこともできるでしょう．でも，送信管の顔を立てるために，やや高いB電圧を用

〈第10図〉初段は3極管でもよい

〈第11図〉
真空管抵抗を生かした新しい鏡像ドライブ回路の構想

連続最大定格	E_f	I_f	E_b	E_{c2}	I_b	P_p	P_{c2}	
	6.3 V	3.75 A	600 V	350 V	0.3 A	50 W	14 W	
動作例 AB_2PP	E_b	E_{c2}	E_{c1}	I_{b0}	I_{bmax}	R_L	P_0	P_{pmax}
	600 V	250 V	−25 V	100 mA	365 mA	3 kΩ	125 W	47 W

（I_{b0}, I_{bmax}：2球）

〈第1表〉
4 D 32の規格

意することにしました．AC 450 V/0.25 A の電源トランスの手持ちがあったので，DC 500 V 強の B 電源をつくって ISO の U-808 トランスで 5 kΩ の負荷を与えることにしました．無信号直流電流 I_{bo} を 70 mA 流せば，10 W 強の定格出力を採り出せると見越まれます．プレート損失は 40 W 弱となり，頃合いです．

第 12 図のロード線を眺めれば，電圧の利用率が悪いですが，スピーカのインピーダンス上昇を考慮に入れれば，この電圧余裕も無駄ではないでしょう．第 2 グリッド電源 E_{c2} は第 1 表の動作例にならって，DC 250 V とします．

(2) 出力段の製作

電源および出力段だけを単独のシャーシに組みます．増幅段を独立させる音質上の有利さは，次章で大々的に謳います．

本体シャーシはジャンクとして入手したかなり頑丈な鉄板のものを流用しました．でも，細やか，かつ大胆に色塗りを施して容貌を一新しています．増幅段用に開けてあった角穴を出力管の座敷に使ったので，配置にちょっと理不尽（というほどでないが無駄）があります．2 mm 厚のアルミ板を，数 mm の透き間を開けて下から当てがっています．

全回路図を第 13 図に掲げます．手持ちの AC 450 V/0.25 A の B 電源トランスと別に，ヒータの容量不足を補う（4 D 32 1 本分）AC 6 V/5 A のトランスを付加しています．チョークを備えなかったので，整流後 2 段の RC リップル・フィルタを設けました．電解コンデンサは 350 V 以上の耐圧のものを 2 個直列に結び，電圧均等化のために 100 kΩ の抵抗を並列に抱かせています．

250 V の第 2 グリッド電源は，B 電源との差が大きいので，つくるのがちょっと難儀です．100 W の高耐圧パワー MOS で簡易レギュレータをつくって供給することにしましたが，FET の発熱が大きくなるので，ドレインに電圧降下用抵抗器を入れて負担を軽くしてやります．

ソースからの E_{c2} 供給線には小抵抗を入れた上で，電解コンデンサとフィルム・コンデンサでしっかりデカップリングします．これは音質上の対策です．この E_{c2} 電源は，もう 1 段 RC フィルタを入れて，前段の B 電源として流用します．

出力管は 300 Ω のカソード抵抗によるオート・バイアスで A 級動作させます．4 D 32 はグリッド電流の流れやすい管なので，グリッド抵抗を 100 kΩ 以下に制限しましょう．出力を 10 W 以上とり出すには無信号直流電流 I_{bo} が 70 mA では少々不足するので，75 mA 流しました．それで E_b が 505 V，E_{c2} が 240 V まで降下しています．プレート損失は 38 W の計算です．

増幅段が内蔵されていないので，シャーシ内はゆったりしています．でもこれだけ空間にゆとりがあるなら，出力トランスを磁気シールドのない電源トランスと離すべきでした．初心のかたはこのアンプ写真を見本とされない方がよいです．

3．カスコード管で鏡像ドライブする別置き前段ユニットの製作

増幅部を出力段と別に頑丈なケー

〈第12図〉
新鏡像ドライブ回路の動作特性

〈第13図〉画期的な新鏡像ドライブ回路による4D32シングル・アンプの全回路図

スに組むのが，音質を鮮明化する要めです．あと振動を止める石も要ります．敷石と重し石にレンガを当てるのも悪くありませんが，先月の表題写真とおり外見が無骨です．スピーカのデッド・マスと同じく，私は重しにはみかげ石を使うのが気に入っています．

手ごろな大きさのものは，京都ではかなり街はずれへ出向かないと手に入りません．夏のまぶしい日差しの中，自転車を走らせて調達に出掛けました．往路には，仕事の関係で2年間ほどわきの木陰を昼食に使った広い草地があります．なじみになった数本の樹にあいさつがてら立ち寄りました．ここは元国鉄の操車場跡で，原爆投下の目印にされた場所です．なんでも長崎に次ぐ3番目か，少なくとも5番目に予定されていたという話です．

夏の入道雲が黒く崩れて，稲妻とともにどっと大雨が襲うような折，乱れて走る黒雲を眺めながら，身体を内側から焼かれる気持ちを想像したものです．たとえ全身を焼けただれさせられ100%の死を宣告されたとしても，少なくとも心理的には再生のもととなる体の芯というものを思い起こすことができるでしょう．でも，ガンマ線で体の内側から焼かれたとすれば，断末魔の苦しみの中，最後の希望のあてにする芯は一抹もありません．

折しも地元の新聞が，'45年の7月末から8月にかけて米軍が半トンの巨大爆撃を投下する訓練を50回も繰返しており，京阪神地区のものはすべて京都への原爆投下の準備であったと明らかにしておりました．

○　　○　　○

この章の製作のテーマは，鏡像ドライブによるひずみ低減です．前もってふつうにドライブした高効率のビーム管シングル・アンプのひずみ率特性がどんなものか提示しておきましょう．**第14図**の真空管プレート抵抗つきの6DJ8でドライブした4D32アンプの特性は**第15図**のとおりでした．出力0.1Wで1%，1Wでは3%に達しています．

(1) コンパクトな鏡像ドライブ・ユニット

増幅管と抵抗を含め，ステレオでも双3極管を3本並べるだけなので，小さなケースで事足ります(私は当初にトランスを載せる計画だったので大き目のケースを使っています)．メイン・シャーシとの結線は，ヒータ線2本，B電源とグラウンドで2本，そして信号線1本です．前の電源線4本はメタル・コネクタで，信号線はRCAピン・ジャックで接続することにしました．実はプレート抵抗管のヒータ電位に配慮してもう1系列ヒータ線を備えたのですが，ヒータ・カソード間耐圧の弱い12AT7を使うのでない限り，こんな面倒は無用です．

低圧側に並ぶ増幅管 V_1 と補正抵抗管 V_2 には，r_p が2～3kΩくらいの低内部抵抗高 g_m のカスコード用双3極管を当てます．ふうつには入手しやすい30の μ を持つ6DJ8で十分でしょう．増幅度の小さい単

〈第15図〉補正なしドライブ時のひずみ率

〈第16図〉最終的な本機の雑音ひずみ率

タ・トランスを近傍裏パネルにつけた右チャネルに 2.0 mV の誘導が生じてしまいました．もっとも 60 Hz のせいか，私の 20 cm システムではハムはまったく聴こえません．

4．音質で単段 FET アンプをはっきり凌いだ

対抗試合をする前にたっぷりエージング鳴らしをしたので，単独で聴く限りの印象をいうと，ずばり単段 FET アンプを凌いでいます．音楽が広がって，いっそう内側が聴こえます．

聴き較べてみましょう．前段のケースの下にみかげ石を敷き，上にも球の頭に直接――慎重に重心を見図って――みかげ石を乗せます．どちらをやることによっても，音がくっきりします．特にピアノで顕著で，音がしっかりするうえに艶が出る印象を受けます．

まず先月と同じ 3 枚の LP 盤を鳴らしました．音質のいい現わしかたも同じ流儀でやると，グールド『イタリア協奏曲』でピアニシモの“消え入り”を聴くと，FET アンプでのこのうえない細密な羽毛の感触に感心したあと，新シングル・アンプで（新緑の葉でなく）この鍵盤が水に浮かんでいる印象を受けて，いっそう感心します．余韻が水へ伝わって下へ浸透して行きます．

弦楽曲『四季』に移りましょう．樹葉に戯れる陽光が，FET アンプではこれ以上ないというほど鮮明です．でも新アンプでは樹間に遊んでいるだけでなく，風に乗っています．情緒が一段優っています．

やはりはっきり差が出たのは，アフリカ音楽の群舞の曲です．単段 FET では，歓声が波のように伝わるとき，群舞が 100 人ほどの大勢と知ります．新アンプで聴くと，ずっと向こうの列を含めて 100 人が鈴を持っています（先月の PP アンプでも前の 2〜30 人としてしか聴こえません）．

意外というか，やはりというか，もっと差を覚えたのはアンデスのケーナの独奏です．ひとまわり深く甘く哀しいのです．インドのシタールの演奏も，新アンプによって音楽像がひとまわり大きく厚くなります．

数カ月前にも述懐しましたが，アンプの鮮度の向上は，西洋音楽より民族音楽の印象に強い変化を与えます．アイヌの弦楽器トンコリの LP 盤を買ったのは，単段 FET アンプを常用しているころでした．メロディが 1 曲につきひとつ，リズムのヴァリエーションも 3 つくらいの演奏を聴いて，アイヌの演奏技法の伝承が，悲痛なことにいったん途絶えたのか，と思いました．しかし，このアンプで聴いて考え直しました．もしほんの微妙な強弱や間（ま）の伸縮，いやそうですらないはじきかたのかすかな違いが，曲の味わいの内容であり，それが演奏途上の奏者や聴者の心境で（現代音楽文化に慣れた耳には聴き分けられないくらいに微妙に）変遷してゆくことがこの曲の音楽性だとするなら，まったく違う聴きかたで聴かなければならないということです．ただ，そういう聴きかたは，いまのアンプくらい鮮度のある装置でしかできなかったわけです．

……この考えが当っているかどうかわかりません．とまれ心に留めておきましょう．ある類型に慣れた感性や思考にとって，想像のはるか範囲外の型や規則がありえ，それは類型に幽閉された跡の記録には留まれないということ，失われたものを拾うには原素材が要るし，原素材を得たうえでも，異種の型を感受する五感と思考を研ぎ澄まさなければ，知ることは（感じることさえ）ないということをです．

つけ加えるなら，物理組成も信号内容もブラック・ボックス化すれば，何が失われ何が変容するかわからないという点で，デジタル信号処理は要注意であり，デジタル情報処理は要警戒であり，デジタル通信処理は赤信号です．